GLI ORGANI LUMINOSI

E

LA LUCE DELLE PENNATULE

PAOLO PANCERI

ERRATA-CORRIGE

del sunto che ha preceduto questa memoria

pag. 5	linea ultima	*leggi:*	in media 2".
» 6	linea 17	*leggi:*	è 160 volte minore di quella che fu notata pei nervi dei gatti ecc.
» 6	linea 25	*leggi:*	(in questi animali) il movimento molecolare intimo che si desta in seguito allo stimolo, metta il contenuto delle cellule dei cordoni luminosi in tale stato, nel quale si combini all' ossigeno; alla quale azione chimica si accompagna lo sviluppo di luce, piuttosto che quello di calore.

GLI ORGANI LUMINOSI

E

LA LUCE DELLE PENNATULE

MEMORIA

DI

PAOLO PANCERI

Professore di Anatomia Comparata nella Regia Università di Napoli;
Socio Ordinario della R. Accademia delle Scienze di Napoli, dell'Accademia Pontaniana
e dell' Istituto d'Incoraggiamento per le Scienze Naturali di Napoli,
della Società Imperiale dei Naturalisti e di quella delle Scienze Naturali, d'Antropologia e d'Etnografia di Mosca;
Membro onorario dell'Accademia degli Aspiranti Naturalisti di Napoli
e della Società dei Naturalisti di Modena;
Membro dell'Associazione Medica e della Società Entomologica Italiana
e di quella dei Smafoglarnas Vanner di Göteborg;
Corrispondente dell'Istituto Lombardo, dell'Accademia di Aci Reale, della Gioenia di Catania
e della Reale Accademia dei Nuovi Lincei di Roma.

NAPOLI
STAMPERIA DEL FIBRENO
San Giovanni maggiore Pignatelli
1871

Memoria estratta dal Vol. V degli Atti della R. Accademia
delle Scienze Fisiche e Matematiche
letta nell'adunanza del dì 14 ottobre 1871

ALLA MEMORIA DEL NATURALISTA SAGACISSIMO

EDOARDO RENATO CLAPARÈDE

CHE IL CORPO INFRANTO, MORENTE, PER LUNGHI ANNI SOSTENNE

COLL' ANIMO INVITTO E COLL' AMOR DELLA SCIENZA

INDICE

PREFAZIONE

Lavori recenti, accuratissimi, illustrarono grandemente la distribuzione sistematica delle pennatule e dei pennatularii, ed anche la loro compagine anatomica. L'abitare che fanno questi polipi a considerevole profondità e la conseguente rarità, fecero sì che dei fenomeni di lor vita pochissimo sia a nostra conoscenza, e principalmente si ignorino il loro svolgimento embrionale, e le metamorfosi, come pure siano oscure le sedi e le condizioni del fenomeno luminoso.

Mentre io non dispero possa presto venir sciolto il primo problema, mi sono occupato ora del secondo, nella convinzione che chi voglia far studio di un argomento generale, come sarebbe in questo caso quello della luce animale, debba fare ogni sforzo per porre basi solide e profonde nella esatta e completa conoscenza di alcuni fatti speciali.

Nelle prove sperimentali che saranno esposte in questo lavoro, ebbi assiduo compagno l'egregio Professore Francesco Gasco, e dell'ajuto prestatomi gli rendo, per quanto meglio posso, pubbliche grazie.



CENNO STORICO

Gli scrittori di cose naturali, greci e latini, non si sono occupati, per quanto io sappia, della luce delle pennatule, e le prime nuove che ne abbiamo sono dell'anno:

1555 e 1558, nei quali Gesner così nell'opera quì sotto citata [1]) come nella *Historia animalium* ha parlato della fosforescenza delle penne marine, come anche di quella delle meduse, senza dar delle prime speciali notizie.

1672. Imperato conobbe la luce delle pennatule e per animali viventi a tanta profondità e poco numerosi, andò errato allorquando loro attribuì importanza nella fosforescenza dell' Adriatico.

1759. Un' altra affermazione inesatta fu quella di Shaw riferita da Odhelius [2]) « *Shawius hanc in fundo maris, circa horas Barbariae abundanter reperiri, ibique, candelae instar, per noctes lucere, ut pisces supernatantes et videri et numerari queant, commemorat, unde haec penna campanis urinatoriis, loco candelae, inservire posset* ». Fu di certo in base a questa testimonianza che nel *Systema naturae* fu scritto : *Pennatula phosphorea habitat in Oceano, fundum illuminans luce phosphorea.*

1761. Senza speciali osservazioni Boadsch [3]) e più tardi Ellis nel 1763 [4]) citano del pari la luce da loro constatata nelle pennatule.

[1]) *De raris et admirandis herbis quae sive quod noctu luceant, sive alias ob causas lunariae nominantur commentatoribus, et obiter de aliis etiam rebus, quae in tenebris lucent;* la qual opera suol chiamarsi *De Lunariis.*

[2]) *Amoenitates Academicae*, Vol. IV, p. 359 *(Chinensia Lagerstroemiana).*

[3]) *De quibusdam animalibus marinis.*

[4]) *An account of the Sea Pen or Pennatula phosphorea.* Philos. Trans. Vol. 53.

1783. Fu in questo anno che lo Spallanzani fece una serie di importanti osservazioni a Porto Venere, le quali sventuratamento non furono tutte da lui pubblicate e nemmeno quelle circa il modo di crescere delle pennatule, che egli dice avesse condotte a compimento. Le ricerche fatte dal celebre naturalista in quella località non sono manco a comune conoscenza, essendo state dimenticate nelle principali edizioni delle opere sue; possono leggersi però nelle Memorie di Verona [1]), ed ancho nel Giornale di Fisica (1786). Egli fu il primo a determinare la sede della luce in questi singolari zoofiti, dichiarando cho sono i *lembi della parte piumata*, tocchi i quali, *scorre tal lume rapidamente dai polipi verso il mezzo di lei*. Dice come immote non lucano, come l' agitazione dell' acqua le porti a splendere, per poi ritornare tosto nella oscurità, e dice anche che la luce si eccita in grazia di una materia mucosa di che abbondano. Singolare e non facile a ripetersi è la prova che egli fece allorquando, costretto nella mano il vessillo, vide, dal poro estremo del gambo, scaturire luminoso zampillo. Nel corso di questa memoria verrà questo fatto a suo tempo ricordato e chiarito. In pennatule conservate per più giorni nell'acqua in un vaso, vide egli la porziono piumata convertirsi, sfacendosi, in un viscidume, il quale, sempre che si fosse toccato, sfavillava.

Nello elogio dello Spallanzani fatto da Alibert, si legge come se egli avesse assicurato che la luce delle penne non sia ecclissata dalle più splendide faci, la qual cosa non disse mai l'illustre filosofo, essendosi limitato a dichiarare che il lume di una candela non la può ecclissare. Tale sentenza non è da interpretarsi in un modo assoluto, essendo in vero le cose così, che nella oscurità profonda, anche in vicinanza di una candela ardente, può darsi che la luce della penna distintamente si vegga, semprechè questa sia stimolata ed intervenga soltanto l'ombra della mano.

Non mancano animali del resto, come le polinoe, i chetotteri ed anche le cunine fra le meduse, il cui splendore io ho pure veduto nella luce diffusa del giorno e tanto meglio, s' intendo, nei giorni foschi del verno.

1827. In una nota importante intorno alle virgularie ed alle pennatule, Grant [2]) cita la luce di quest'ultime, assicurando che nelle virgularie non vi ha alcuna emissione luminosa, come lo è in fatto, ed io stesso ho verificato per la specie da me trovata nel nostro golfo [3]).

[1]) Mem della Soc. Ital. di Verona, Vol. II, parte 2ª. Lettera a Bonnet *Sopra diverse produzioni marine*, § II.

[2]) *Notice respecting the structure and mode of growth of the Virgularia and Pennatula*. Edinbourg Phil. Journ. VII, p. 330.

[3]) *Intorno a due pennatularii l'uno nuovo per le acque di Napoli, l'altro non per anco trovato nel Mediterraneo*. Rendiconto dell' Accad. del dì 3 giugno 1871.

1829. Rapp nel pubblicare le sue osservazioni intorno ad alcuni polipi del Mediterraneo [3]) emise le sue credenze intorno alla luce del *Veretillum* e delle pennatule, attribuendo egli pure la sede della luce al muco denso della superficie, il quale è quello che la comunica alle dita e che dura luminoso dopo che gli animali siano caduti in isfacelo. Egli paragona questo muco alla materia che cagiona la luce nei pesci morti. Da quanto si legge in Rapp sembra che egli non abbia ben osservati e meditati gli splendidi fenomeni che questi animali presentano in vita, dappoichè assevera essere la loro luce ben diversa dallo splendore animato delle nereidi, dei piccoli crostacei marini e delle lampiridi, e piuttosto la vuole paragonare a quella degli animali morti.

1834. Il Blainville [4]) là dove si fa a parlare della sensibilità dei polipi, dice che, nel caso dei polipi sociali, non gli occorse mai di vedere che, irritando uno dei polipi, gli altri se ne risentano, e mentre sarebbe per dedurre che le parti comuni ai diversi individui della colonia, siano insensibili, viene a dubitarne per ciò che in una pennatula egli osservò che se sull'asse comune si porti una irritazione, le parti circostanti diventano luminose. Egli crede del resto che la fosforescenza in questi animali, sia dovuta ad un umore che trapela dal loro corpo e che stimolando l'animale si provochi la contrazione, la quale determinerebbe ad ogni volta una spremuta dell'umore fosforescente.

Dei naturalisti napoletani il Cavolini non si occupò del fenomeno luminoso in questi zoofiti che egli per speciali sue vedute ascriveva ad altra classe [1]), come ad altra diversa li ascriveva O. Costa [2]). Lo stesso fenomeno fu però da questi elogiato, avendo veduto egli pure, *come le scintille di un fuoco artifiziale spiccare la luce dai calicetti* e nella pennatula grigia *a modo di elettriche scintille scappar la luce*, pur anco, *dalle boccucce dei calicetti*.

1836 e 1841. Il Delle Chiaje [3]) vide del pari globetti fosforici lanciati dai polipi e giudicò questi come sede della emissione luminosa, ma di più, pur non conoscendo, come da tutti si ignorava in quel tempo, il significato delle granulazioni o bulbetti della porzione piumata della rachide, citò la luce da essi *bulbetti spinosi* tramandata. Osservò nello stesso tempo che se un bulbetto veniva toccato, la luce si diffondeva agli altri vicini così

[3]) *Untersuchungen üb. d. Bau einiger Polypen des mittelland. meeres.* Nova Acta Nat. Cur. t. XIV pars. II.

[4]) *Manuel d'Actinologie*, p. 82.

[1]) *Memorie postume* Mem IV^a.

[2]) Veggasi così la Fauna come la Memoria sulle Pennatule.

[3]) *Istituz. di Anat. Comp.* 1836, Vol. II, p. 121; e Supplem. pag. 6, e *Storia e Notom.*, Vol. V, pag. 33.

che l'aja luminosa cresceva e si manifestavano espansioni e contrazioni luminose, siccome egli le chiamava, le quali apparivano dalla base all'apice od al contrario, qualora la pennatula fosse stimolata prossimamente a quella ovvero a questo. Per quanto riguarda i polipi gli sembrarono ora estranei, ora impegnati nella produzione del fenomeno luminoso, epperò narra che toccando il gambo in quella porzione che dà attacco alle pennette, si aveva sviluppo di luce per ondate, che egli paragona a quelle che seguono la caduta di una pietra nell'acqua. Narra del pari di una sostanza luminosa che egli chiama *fosforici globetti di moccio*, la quale fa patina sul dito e lo rende luminoso e finalmente nega la fosforescenza dopo morte che già Spallanzani e Rapp, siccome si è detto, avevano constatata. Il fatto che Delle Chiaje cita, di aver veduto il gambo della *Pavonaria* o *Funiculina* che dir si voglia, lucente *come tizzone infocato*, sarà del pari chiarito in questa memoria.

1847. Nell'opera commendevolissima di Johnston[1]) sono inserite le osservazioni di Forbes intorno alla costanza di direzione di ondate luminose nelle pennatule, ed è pur detto come Wilson facesse delle esperienze elettroscopiche, nello intento di scandagliare vi fosse mai contemporaneo sviluppo di elettricità, le quali esperienze avendo somministrati risultamenti negativi, si venne a conchiudere che il fenomeno fosse, con probabilità, dovuto alla secrezione di una materia spontaneamente infiammabile.

1848. Lo stesso Forbes nella sua opera intorno alle meduse gimnoftalme[2]), dopo aver esposte le sue importanti osservazioni intorno alle specie luminose, dice aver osservato come nella *Sertularia abietina* e nella *Pennatula phosphorea*, l'alcool e l'acqua dolce possano risvegliare la luce dormente.

I lavori più recentemente comparsi intorno alle pennatule ed ai pennatularii, come si è detto nella prefazione, sono preferibilmente sistematici come quello del Hersklot[3]) e quelli pregevolissimi del Richiardi[4]) e di Kölliker[5]). L'egregio anatomico di Würzburg, abbenchè non abbia avuto a sua disposizione che esemplari nello spirito, pure diede preziose notizie, intorno all'intima struttura delle pennatule.

[1]) *Hist. of British Zoophytes;* 1847, Vol. I, p. 151.

[2]) *A monograph of the British naked-eyed medusae.*

[3]) *Notices pour servir à l'étude des Polypier nageurs;* 1859.

[4]) *Monografia della Famiglia dei Pennatularii.* Archiv. p. la Zoolog. l'Anat. e la Fisiolog. Ser. 2ª, Vol. I.

[5]) *Anatomisch-Systemat. Beschreib. d. Alcyonarien. Erste Abth. Die Pennatuliden;* 1870, Abhandl. d. Senckenb. Naturf. Gesellschaft. Bd. VII.

PARTE ANATOMICA

Capitolo I.

Organi fosforescenti

Dalla esposizione di quanto venne osservato dagli egregi naturalisti dianzi citati, facilmente si rileverà come, per quanto si riferisca alle parti ove si verifica il fenomeno luminoso, i loro enunciati siano tali da accontentare soltanto coloro che si potessero acquietare nella conoscenza incompleta ed approssimativa delle cose. Infatti dopo aver scandagliati i loro lavori, il lettore sarà di certo restato, al par di me, nel dubbio, fossero mai i calici, ovvero i polipi, ovvero il muco i quali si costituissero come sede del movimento luminoso.

Dirò ora senza altro preliminare per qual modo giungessi a determinare quali siano e dove, le parti nelle quali cotale fenomeno si verifica.

Se si riscaldi fino a 30 o 40° l'acqua marina in cui si conservi una pennatula vivente, ovvero s' immerga questa d' improvviso in acqua già alquanto riscaldata, ovvero si pensi di eccitare l'animale e la secrezione del muco cutaneo con la cauterizzazione fatta in un punto qualunque del polipajo, mediante un frammento di potassa caustica, la pennatula così pel gambo come pel vessillo, si vedrà tutta ricoperta da copiosissimo, esuberante strato di muco, denso e limpidissimo. Nè il Ch. Kölliker, ne io, nè altri che abbia fatto studio della cute delle pennatule, potrebbe indicare glandole dalle quali questo muco abbondantissimo si segreghi; comunque siano le cose, se le prove furono fatte nelle tenebre della notte od in quelle della camera nera, ed il muco raccolto e maneggiato si sia sottoposto a qualunque vogliasi prova, sempreché i polpetti e gli zooidi non si siano spremuti o spappolati, non avviene mai che si presenti luminoso.

Eliminato così il sospetto che il muco cutaneo sia quello che luca o contenga elementi luminosi, i quali potrebbero essere, per cagion d'esempio, le cellule epiteliali, siccome in certe tali meduse io stesso ho dimostrato [1]), voglionsi interrogare i calici. L' osservatore non tarderebbe molto ad accorgersi come, tolti ad arte e con diligenza i calicetti da alcuni fra i polipi di una pinnula, questi ultimi continuino a luccicare. Che se il polipetto privato del proprio calice si stacchi e si spappoli fra le dita, ecco queste fatte tutte lucenti, e mantenersi tali per qualche tempo, se pur si continui

[1]) *Intorno alla sede del movimento luminoso nelle meduse.* Rendiconto, agosto 1871.

lo sfregamento. Gli stessi effetti che si ottengono dai polipi, si hanno pure dagli zooidi, o polipi rudimentali che dir si vogliano.

Dopo queste prove le quali dimostrano: *la luce nelle pennatule emanare esclusivamente dai polipi e dagli zooidi*[1]), resta pur a conoscersi quali organi di codesti polipi nascondano parti luminose.

Se con diligenza si asportino i calicetti nella *Pennatula phosphorea*, o meglio se lasciatala in acqua che raramente si rinnovelli, i calicetti cadano perchè si macerino e si sciolgano, i polipetti rimangono a nudo come vedesi in *a* ed in *b* della figura 1ª. In tal caso al disotto della corona dei tentacoli fino ad un tratto di 2ᵐᵐ circa, sulla colonna del polipo si vede trasparire come una zona bianca che, nella specie or ora citata più che nella *P. rubra*, appare candidissima e con limiti abbastanza distinti *(fig. 1, a)*. Se un polipetto così preparato, lo si costringa per mezzo di stimoli a luccicare nel bujo, non sarà difficile, coll'impiego di sottile lamina opaca che piano piano si faccia scorrere sopra il suo corpo, e poi si fissi a suo tempo, verificare che la parte che si mostra sfavillante, è veramente quella che abbiamo detto apparire alla luce del giorno in qualità di una zona bianca. Che se si ponga mente alle otto papille boccali dei polipi *(fig. 1, b)* ben si vedrà che la stessa sostanza bianca viene pure a comporle, per modo che la bocca è circondata da otto lumicini, i quali corrispondono alle dette papille.

Voglionsi esaminare molti polipetti, voglionsi moltissimi dissecare, onde aver notizie più esatte di codesto apparecchio; che se avvenga mai che agendo sopra individuo vicino a morte e quindi quasi privo di contrattilità, si arrivi ad estrarre lo stomaco integro, si vedrà tosto che, essendo quest'organo in forma di ampolla allungata, alla sua superficie la materia che traspariva in forma di zona bianca è disposta a modo di otto regolarissimi cordoni, i quali cominciando nelle papille boccali, scendono paralleli giù per la parete esterna dell'organo, per finire attorno all'orificio inferiore del medesimo *(fig. 2)*.

Se si ponga mente alla disposizinne di questi cordoni rispetto alle pieghe mesenteriche, si vedrà che stanno precisamente tra l'una e l'altra per modo che la convessità di ciascun cordone sporge in ciascuna delle concamerazioni delle cavità del corpo del polipetto *(fig. 3, a)* e per conseguenza ogni cordone corrisponde a ciascuno dei tentacoli.

Questi cordoni sono gli organi della fosforescenza senza dubbio alcuno, e cordoni e papille si osservano del pari nei polipi rudimentali. Basta

[1]) Le uova delle pennatule esaminate a differenti gradi di maturità, non mi apparvero mai fosforescenti, siccome asseriva nel suo lavoro già citato il ch. O. G. Costa.

una lente semplice per vedere trasparire negli zooidi codesti organi *(fig. 5, a)* i quali appajono ancora meglio in esemplari di pennatule che siano turgidi di acqua come era quello che servì alla nostra figura. Le boccucce beanti degli zooidi, colle otto papille bianche, costituiscono quei cerchietti candidissimi che, anche ad occhio nudo, si possono vedere al ventre della rachide e fra le ascelle delle pinne, anche in pennatule conservate nello spirito, purchè lo siano da poco tempo *(fig. 5)*.

Chiunque ricordi quanto possano i polipi coi loro contorcimenti mutar forma, di leggieri comprenderà come possano codesti cordoni lucenti mostrarsi nello stesso polipo in differente aspetto. Le stesse papille boccali che fanno parte di queste batterie luminose, possono trovarsi adagiate in un piano a foggia di regolare peristoma, ovvero rialzate a cono, e quindi anche riaperte ed espanse a guisa dei petali di un fiore.

Venendo ora a conoscere più da vicino questi organi che abbiamo chiamati *cordoni luminosi*, giova rilevare in prima che, mentre aderiscono invariabilmente alla parete esterna dell'ampolla gastrica, per il resto si mostrano circoscritti da una membrana esterna anista e trasparentissima, la quale già si può facilmente distinguere dalle increspature che presenta, principalmente allorquando lo stomaco si contrae. Questa membrana dà e mantiene la forma ai cordoni ed alle papille boccali, essendo queste ultime rivestite per di più dal tegumento esile del polipo, il quale, dopo aver ricoperto il peristoma, si ripiega nella interna parete dello stomaco. L'endoderma che ricopre tutto lo stomaco ed i cordoni è sparso di minuti spiculi calcari rutilanti, come appare dalla figura.

Dopo la membrana vuolsi sottoporre alla indagine la sostanza che forma codesti cordoni, che è poi la stessa che nella *P. phosphorea* appare candida allorquando la si osservi in massa, siccome si è di già detto sopra.

La mollezza di questa materia bianca e la fragilità della membrana sono grave ostacolo allo studio di questi organi, così da impedire assolutamente qualunque tentativo di indurimento e di consecutiva sezione; il microscopio non ostante ci rivela trattarsi di un organo composto per la maggior parte di cellule.

Queste cellule generalmente sono sferiche, altre elissoidali, ed il loro contenuto non differisce essenzialmente dall'una all'altra, mancando il nucleo, come fosse in vescicole, e contenendo esse granulazioni più o meno grosse, molto rifrangenti, più leggiere dell'acqua, solubili nell'alcool, nell'etere e nell'ammoniaca, al pari delle granulazioni adipose *(fig. 6, a)*. Si aggiungono alle sopradette, altre cellule più rare a vedersi, le quali hanno dei prolungamenti, e sono per tanto piriformi se ad un sol polo, o fusiformi se a due, ovvero triangolari se a tre, come fossero cellule di tessuto

congiuntivo, ovvero anche cellule nervose (?) *(fig. 6, b, c, d)*. La impossibilità di conoscere i rapporti fra loro e la mancanza di caratteri manifesti, lasciano in dubbio sul significato di questi elementi, nei quali del resto manca il nucleo e si veggono contenute anche piccole granulazioni adipose.

Nel campo del microscopio capitano nello stesso tempo copiosi granelli di adipe probabilmente sfuggiti dallo cellule, ed anche copiose granulazioni albuminoidi più fine *(fig. 6, e)* e di poi una materia bianca pure granulare, chiusa in vescichette che è di certo inorganica *(fig. 6, x)*. È questa la materia che mi condusse a trovare gli organi luminosi delle pennatule, giacchè è dessa che nella *P. phosphorea*, dà ai cordoni ed alle papille quella bianchezza che li fa palesi e distinti. Per lungo tempo mi affaticai intorno a questa materia bianca inorganica per conoscerne, ad onta delle difficoltà presentate dalla sua tenuità, la chimica composizione, ma desistetti poi dal darle importanza, allorquando mi accorsi che nella *P. rubra*, come anche nel *Pteroides griseum* e nella *Funiculina quadrangularis*, esistono organi fosforescenti e fenomeni di luce simili a quelli della *P. phosphorea*, pur mancando questa materia. Potrei dir soltanto che non risponde alle reazioni del carbonato di calce, nè meno a quelle del fosfato della stessa base. Per le dimensioni e per le forme degli elementi varranno, meglio di ulteriori dettagli, le figure della tavola qui unite.

La mollezza butirrosa e la fragilità dei cordoni luminosi rendono impossibile il verificare se questi abbiano o no comunicazione colla cavità gastrica, attraverso le pareti della medesima; è però certissimo che la sostanza che costituisce i cordoni è quella che luce, e che una sostanza lucente può uscire dalla bocca dei polipi o degli zooidi anche non contusi o lacerati. È questa la sostanza che fu confusa col muco cutaneo, di cui sopra si è parlato, e che dà luogo a quelle faville che veggonsi uscire dai bordi delle pinnule di pennatule agitate nell' acqua; ed è anche questa stessa che, nei *Pteroides* principalmente, rende lucenti le dita di chi tocca i polipi e più ancora le placche zooidali.

Questi cordoni costituenti nello insieme l'apparecchio luminoso dei polipi delle penne marine, si potrebbero assomigliare a glandole, le quali aderendo alla superficie esterna dello stomaco, invece di serbare la loro struttura, avessero subita la degenerazione adiposa. Lo studio delle larve e dei giovani polipi delle pennatule sarà per chiarire l' origine prima di questi cordoni. Certo è che nei polipi delle colonie adulte non presentano, per quanto io sappia, simiglianza con altri organi che negli alcionarii si trovino allo stesso posto, a meno che non corrispondano alle appendici glandolari di incerto ufficio che, nella *Lobularia palmata* e nei *Veretillum*, si attaccano allo stomaco e pendono nella cavità del corpo, ser-

bando la denominazione di appendici epatiche, la quale in verità non so in qual carattere chimico avesse trovato appoggio.

In aggiunta dirò che nei *Pteroides*, papille boccali e cordoni, invece di essere candidi, sono bruni. A prima giunta, adoperando piccoli ingrandimenti, si crederebbe dover attribuire questo colore ad ammassi di cellule pigmentate polimorfe, però gli ingrandimenti da 600 in sopra, rivelano che le cellule brune non sono che vescichette ripiene di minuti granuli adiposi. La materia luminosa delle funiculine è simile a quella delle pennatule, e la stessa figura da noi data, può valere per entrambe.

Capitolo II.

La strutture e la disposizione degli organi luminosi danno spiegazione dei diversi fenomeni osservati.

I. L'essere gli organi luminosi in discorso composti per la maggior parte di materia grassa, rende ragione del perchè gli anatomici che si diedero a ricercare la struttura delle penne marine, non avessero prima d'ora trovato questo apparecchio, impiegando individui conservati nell'alcool. In fatti tali organi, dopo qualche settimana, si sciolgono per l'azione di questo liquido, e sola rimane superstite nei cordoni avvizziti della *Pennatula phosphorea*, la materia inorganica bianca di cui si è parlato.

II. La natura della materia delle batterie luminose rende conto anche della luce che si può suscitare dal liquame in cui si scioglie il vessillo, come anche la parte polipifera del gambo, per cagione della putrefazione. Siccome già avevano notato lo Spallanzani ed il Rapp, in questo liquame sfregato ed agitato, si destano copiosissime scintille, ed il microscopio riconosce facilmente ed abbondante la materia grassa fosforescente non per anco alterata, mentre le sostanze albuminoidi sono già in pieno sfacimento morfologico e chimico.

III. La facilità con la quale si rompono, sotto deboli pressioni, i cordoni luminosi, lasciando scaturire ampiamente la materia fosforescente, spiega il fatto tanto ovvio ad osservarsi, anzi spesso impossibile ad evitarsi, del passaggio della materia fosforescente nella cavità dei tentacoli, in un polipetto che per poco si sia premuto, nel qual caso i tentacoli ne vengono riempiuti fino nelle loro più piccole braccia secondarie. L'ampia e diretta comunicazione che le concamerazioni della cavità del corpo presentano col cavo dei tentacoli, facilita questo passaggio, e la figura 4ª della nostra tavola, rappresenta un tentacolo per tal guisa injettato. Dove gli ammassi di vescicole trovansi per avventura diradati, se si osservi a sufficiente ingrandimento, veggonsi questi messi in movimento dalle ciglia dell'endoderma del tentacolo.

IV. Si è ritenuto dianzi superfluo il dire che per avere la injezione della materia fosforescente nei tentacoli, è d'uopo che la pressione si eserciti opportunamente, cioè sia diretta verso l'esterno; che se avvenga inversamente cioè che un polipo o più polipi, o tutto anche il vessillo, sia premuto in massa dalla periferia verso lo interno, allora la materia fosforescente sfugge per via opposta ed invade i canali del polipajo. Con ciò si spiega come avvenisse a Delle Chiaje di vedere lucente *come tizzone infocato* il bulbo della funiculina. Avendo io trovati organi determinati e costanti che sono sede della fosforescenza nelle pennatule ed organi simili nella funiculina, non mi sapeva spiegare come, oltre ai polipi, si potesse aver lucente anche il gambo, tanto più che questo fenomeno del gambo luminoso in alcuni esemplari viventi, io non lo aveva potuto ottenere. Venne però il giorno in cui giunsi ad avere un altro individuo che le reti ed i pescatori avevano molto maltrattato. In questo vidi io pure il bulbo lucente e tanto più quanto meglio lo si sfregava; dirò anzi che avendolo molto premuto, mi avvenne di far trasudare la materia luccicante attraverso il tegumento per modo che le dita si fecero splendenti. Esaminato il sierochimo lattiginoso contenuto nei canali del polipajo, mi accorsi che riboccava della materia dei cordoni luminosi, la quale era di certo provenuta dai polipi compressi e contusi, così che la luce traspariva dall'involucro sottile del polipajo.

V. Dichiarato il fatto della funiculina, facilmente si comprende come lo Spallanzani, premuto nella mano il vessillo di una penna marina, vedesse scaturire dal poro estremo del gambo, il zampillo luminoso che a suo luogo si è citato. In quel caso la maggior copia della materia lucente dei polipi premuti era, per lo scoppio dei cordoni luminosi, arrivata nei canali del polipajo, ove la si sarebbe potuta rintracciare, siccome io feci con successo in casi analoghi; solo che avendo premute alcune pennatule al modo dell'illustre maestro, non fui mai fortunato di trovar aperto e rilasciato il contorno del poro terminale, per dove il getto si potesse far strada. Il tegumento delle pennatule essendo, a circostanze ordinarie, più denso di quello delle funiculine, impedisce che in tal caso la luce trasparisca, sopratutto in individui che si siano contratti in seguito alla violenza sofferta. L'egregio Profess. Nicola Wagner dell'Università di Kazan mi assicurava nello scorso inverno, aver qui in Napoli osservata una pennatula, probabilmente la *P. rubra*, che mentre era tutta gonfia di acqua, luceva pur debolmente nel gambo e nelle pinne, oltrecchè nei polipi. Questo fatto che invano io ho cercato di constatare, non deve esser diverso da quello della funiculina, ed è spiegato dalla trasparenza del tegumento che le pennatule acquistano col gonfiarsi, per modo che possono emulare ed anche sorpassare quella che le funiculine presentano.

PARTE FISIOLOGICA

Capitolo I.

Si dice degli stati diversi in cui può trovarsi una pennatula in cui si voglia studiare il fenomeno della luce

Se il cane, il coniglio e la solita benemerita ranocchia ed in massima gli animali che vivono nell'aria e nelle stesse condizioni nostre di ambiente, di temperatura e di pressione, sono per ciò i più adatti alle ricerche sperimentali, non lo sono per certo, o solo entro certi limiti, gli animali che vivono negli abissi del mare. Temperatura, luce, pressione mutano tosto ed ognun sa in quale proporzione, allorchè l'animale venga snidato dalle sue sedi profonde; ed allorchè fu costretto a cambiare il mare con un secchio, il mollusco, l'anellide, il zoofito che noi ammiriamo per le loro forme, pei loro colori, per le loro movenze e che crediamo nelle totalità delle loro forze, quasi sempre, ad onta di tutte le cure, hanno già cominciata la loro agonia.

Intendo dire che malamente si apporrebbe quel naturalista, che venendo alle rive del mare, si credesse di constatare tutti i fatti che saranno in questa memoria più tardi menzionati, o di metterne in dubbio alcuno, giovandosi della prima pennatula che un marinaio gli portasse, chi sa quando pescata, chi sa come conservata. Egli è perciò che per spirito di verità, e per amor che porto all'argomento, mi sento nel bisogno e nel dovere di esporre le difficoltà che si possono incontrare nelle prove, per cagione delle pennatule medesime.

Lasciando di dire intorno alle erronee credenze che si avevano circa il nuoto delle penne marine, egli è certo che questi polipi sogliono vivere nei fondi fangosi, alla profondità di 40 a 100 metri e forse anche più. Il fango tenuissimo che ne vela il gambo, allorquando vengono tirate a bordo, ci fa tenere per indubitato essere loro costumanza di restare infisse per quella parte. Le draghe, le reti a strascico, sono gli ordigni che d'ordinario le strappano dai fondi, se pur non avvenga talora che il cavo della palangra ne porti a galla alcuna, accalappiata dai fili che portano gli ami, o da uno di questi per caso agguantata.

Stato idropico. — Messa una penna marina non appena raccolta, in un aquario, fosse anche profondo per più di un metro, ovvero anche in una vasca che abbia comunicazione col mare libero, avviene che lasciata a se, tosto cominci a rigonfiarsi in guisa tale da raddoppiare in qualche ora

le sue dimensioni. Tale gonfiamento avviene tanto meglio se l'acqua sia scarsa e poco profonda, per modo che non è a porsi in dubbio che le cause del fenomeno siano per una parte la impedita respirazione, e per l'altra la mancanza di quella considerevole pressione, a cui l'animale era soggetto nella sua naturale dimora. È noto ai naturalisti questo fenomeno della idropisia, il quale si osserva in molti altri animali marini di acque più o meno profonde [1]). Allorquando la pennatula si sta gonfiando si arriccia sul ventre, e l'estrema parte del vessillo forma una voluta elegantissima, come assai più elegante e trasparente la fa tutta, il turgore del gambo e delle pinne. Ancora più bella a vedersi sarà se, coincidentemente al gonfiore, i polipi come di solito avviene, siano espansi.

La pennatula rossa e la grigia sono le specie più distensibili e questa ultima tanto da raggiungere quasi due piedi in lunghezza. Il *Kophobelemnon stelliferum* [2]) e la *P. phosphorea* lo sono per molto meno e per pochissimo la funiculina e la virgularia a cagione delle loro forme sottili. A questo stato che diremo *idropico* vengono i pennatularii condotti per tre vie differenti cioè: le bocche dei polipi, quelle degli zooidi ed il poro estremo del bulbo [3]).

Una pennatula in tale stato è inetta agli esperimenti che si volessero istituire per lo studio della luce. Appena lascia luccicare i polipi, allorchè vengano toccati, o lascia sfuggire qualche sprazzo di luce. Può avvenire che codesto turgore svanisca sotto leggieri toccamenti, i quali provochino la contrazione dei muscoli del polipaio, ovvero si dissipi spontaneamente dopo alquante ore ed anche un giorno e più. Che se si maneggi senza riguardo la penna idropica, avviene allora che contratto il gambo e chiuso il poro, contratti gli zooidi e retratti i polipi, restino precluse le vie allo svuotamento. La pennatula tutta gonfia e dura soffre di tal caso tale pressione dallo interno, da restare completamente paralizzata nella sua sensibilità agli stimoli e nei movimenti, nè valgano correnti elettriche, alcali caustici, acidi potenti a stimolarla ed a condurla a luccicare. Nè meno vale il tentativo di ridurla a stato migliore colla amputazione di una o più pinne o colla puntura del trequarti, fatte allo intento di evacuare una parte dell'acqua, dacchè la rapida contrazione della ferita chiude in brevissimo tempo i canali del polipaio.

Stato tetanico. — Può avvenire per contrario che una pennatula non appena tolta dal mare, ovvero che già si sia inturgidita e susseguentemen-

[1]) Alcune notizie al proposito si leggono nella memoria: *Gli organi e la secrezione dell'acido solforico nei molluschi gasteropodi*. Atti dell'Acc. Vol. IV, 1870.

[2]) V. *Intorno a due pennatulari* ecc. Rendic. dell'Accad. del dì 5 giugno 1871.

[3]) Tanto io constatai avendo lasciata gonfiare in acqua marina colorata ad arte, una pennatula, che poi contraendosi allorchè venne trasportata in limpida vasca, lasciò per tali aperture sfuggire il liquido rivelatore.

te sgonfiata, se venga di un subito presa nelle mani o premuta, o altrimenti sottoposta a stimoli potenti, evacui quasi per completo il liquido dei canali. Le pinne si contraggono allora addosso al gambo, il gambo addosso allo stelo scleroso, il quale viene spinto fuori per un certo tratto dal poro estremo, come più facilmente si può vedere nella *P. phosphorea*. In tale stato che diremo *tetanico*, sono del pari inutili gli stimoli più potenti, tanto i tessuti si strozzano vicendevolmente, e per veder la luce è pur d'uopo di offendere l'un per uno i polipi e di contunderli, o causticarli. Sarà gran ventura se gli zooidi potranno in questo caso, manifestare quei fenomeni che il Delle Chiaje chiamava contrazioni ed espansioni luminose.

Stato di esaurimento. — Finalmente può darsi che gli esemplari che si vogliano sottomettere agli esperimenti, o perchè tenuti in troppo scarsa quantità d'acqua, o perchè giacenti negli aquari già da molti giorni, o perchè già abbiano subite prove sperimentali, siano in un altro stato che è l'*esaurimento*. Cotesto stato è rivelato dal collapso, dal non reagire o scarsamente, o pochissimo, o non sempre ad altri stimoli. I polipi raramente si comunicano l'un l'altro la luce, mentre poi gli zooidi, se non sempre, pure possono mostrare le sopradette espansioni luminose [1]).

Da quanto si è esposto si deduce come non convenga punto accingersi agli esperimenti che ora saranno descritti, con pennatule che non siano in istato di *opportunità*, il quale stato è d'uopo sorprenderlo o prima della completa idropisia, o dopo che questa si sia dissipata, in un tempo il più lontano che si possa dall'esaurimento. Si deduce del pari che allorquando il sistema muscolare del polipajo è contratto spasmodicamente, sia che la pennatula sia idropica, o non lo sia, non si ha più nella colonia conducibilità alcuna per lo eccitamento promosso dagli stimoli.

La differenza delle stagioni, quella di varietà nelle specie delle pennatule, l'essere o no gestanti, sono condizioni che non modificano punto la luminosità di questi zoofiti.

Capitolo II.

Fenomeno delle correnti

Se nelle tenebre si lasci una penna marina tranquilla nel fondo di un piccolo aquario, in qualunque stato essa si trovi, *non dà luce spontanea alcuna, siccome si osserva nella massima parte degli animali fosforescenti del mare*, siano

[1]) Se allo scopo di conservarle si mettano nell'alcool le pennatule nell'uno o nell'altro de' diversi stati sopra descritti, avviene che mantengano le differenze di aspetto e di volume. È in tal caso che individui della stessa specie possono sembrare al poco attento classificatore di specie differentissime, della qual cosa saggiamente ragionò il Prof. Ricchiardi nella monografia dei polipi di questa famiglia.

i polipi bellamente espansi, ovvero retratti. L'agitazione dell'acqua che deriva dalla pulsazione che fa il dito sulla parete dell'aquario, basta talora in pennatula fresca e vivace, a far scorgere qualche scintilla. Che se la si prenda nelle mani senza speciale avvertenza, sia che si lasci nell'acqua, ovvero si estragga, si avrà tosto un brulichio di scintille azzurrine emananti dai bordi delle pinne, un seguirsi di scariche luminose nelle pinne, un va e vieni celerissimo di lumicini che in vero è sorprendente a vedersi. Che se si tocchino gli zooidi o si sfreghino, tanto più se in verso contrario alla direzione dei loro spiculi sporgenti, si ha del pari un scintillar minutissimo nella superficie del ventre della rachide, fatta così tutta lucente. Se, sospendendo lo sfregamento, si lasci ritornar tenebrosa questa superficie e con la punta ottusa di uno specillo si scriva sul ventre della penna un nome, fosse anche di molte sillabe, la luce negli zooidi dura per guisa che il nome si possa, tosto scritto, leggersi per completo.

Che se l'esemplare di cui si è in possesso sia in quello stato di opportunità voluto per gli esperimenti, e lo si tratti con cura e metodo, in tal caso l'osservatore sarà in presenza di un fenomeno a cui parmi si attagli bene il nome che abbiamo posto in testa a questo capitolo, il qual fenomeno come elegantissimo e splendido, così io credo di grande importanza fisiologica.

Si è veduto nel cenno storico, che certe tali correnti furono intravedute da Blainville, meglio indicate dal Delle Chiaje e poi anche dal Forbes, il quale le credeva costanti nella direzione, onde le ricerche elettroscopiche di Wilson, le quali rimasero senza risultamento favorevole al sospetto concepito dagli sperimentatori.

Riassumendo numerose prove, io andrò ora narrando le mie osservazioni; noterò però in prima come nelle penne marine possano darsi due sorta di correnti, cioè quelle dei polipi, e queste sono visibili al dorso, nella totalità del vessillo, e poi quelle degli zooidi, le quali percorrono tutta la lunghezza della parte ventrale del gambo, nella regione piumata. Queste due maniere di correnti sogliono andar di conserva, ovvero possono manifestarsi isolatamente, senza che se ne possa dir la ragione, essendo che vi ha talora nel fenomeno della fosforescenza, come disse Tulasne parlando di quella dell' agarico dell' olivo, alcunchè di capriccioso. Per dir tutto a questo riguardo, dirò anche che, mentre le correnti negli zooidi spesso non le ho potute scorgere in pennatule vivaci, le ho viste per anco in esemplari il di cui vessillo era per la maggior parte caduto in isfacelo. Negli *Pteroides* essendo gli zooidi adunati in placche isolate sopra le pinne, non sono a vedersi che le correnti dei polipi, epperò gli zooidi tocchi e sfregati, lasciano scorgere viva luce verdastra.

§ 1. — *Direzione delle correnti*

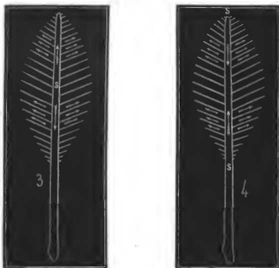
I. Se dunque posta la penna in piccolo recipiente che non la stringa troppo da vicino colle sue pareti, ovvero, il che pur giova del pari, si metta in secco sopra una tavoletta e si stuzzichi coll' unghia o col pizzicare delle pinzette, l'estremo nudo del gambo in *S*, tosto si vedrà un ondata luminosa percorrere tutto il vessillo dalla base all' apice ed a questa far seguito spesso una seconda, una terza ondata.



Queste che potrebbero anche chiamarsi scariche luminose, val meglio a mio credere chiamarle correnti, in quanto si manifestano come tali, e risultano dall' effetto complessivo di tante correnti parziali, che nei polipi delle pinne si determinano successivamente dalle prime pinne alle estreme, dirette dalla inserzione all'apice di ciascheduna, siccome è indicato dalle frecce della figura schematica qui unita (v. num. 1).

Codesto fenomeno dell' accensione progressiva dei polipi al bordo di ciascuna pinna, dalle prime a tutte le altre, ricorda l'aspetto sorprendente e gradito che prende un edificio di larga fronte, se vengano le cose dispo-

ste per modo che con serie di fiammelle lo si illumini di un subito, secondo le linee dell' architettura. Questa che possiamo chiamare *corrente ascendente* è la più facile o diremo meglio la prima ad osservarsi, dappoichè siccome per prendere, o solo anche per ismuovere una pennatula, si corre naturalmente colla mano al gambo, così questa premendo fa da stimolo ed il fenomeno si manifesta. Io sono convinto che Forbes dichiarasse costanti nella direzione le ondate luminose per ciò solo che, come un fiore si suol prendere pel picciuolo, ed una spada per l'elsa, così egli maneggiasse le pennatule esclusivamente pel gambo. Senza ammettere cotal modo di

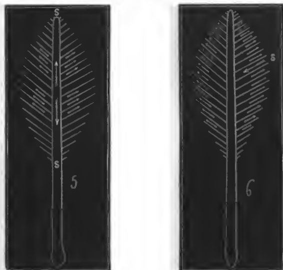


regolarsi, non si può comprendere come egli non avesse veduto quanto noi andremo ora esponendo.

II. Se lo stesso stimolo S si porti mai all' altro estremo della rachide fra le ultime coppie di pinnule (v. num. 2), si avrà pure di nuovo una scarica luminosa, epperò in verso contrario alla prima. In tal caso la corrente totale si dirige dalle ultime alle prime pinnule, rimanendo costante in ciascuna pinnula la corrente verso il proprio apice. Questa seconda maniera di corrente generale del vessillo, ha un aspetto diverso dalla prima, dappoichè, essendo le pinne dirette tutte alquanto verso l'alto, cioè piut-

tosto verso il punto dove comincia l'ondata luminosa discendente che in basso, così avviene che questa, pur discendendo, si componga di correnti parziali in certo modo ascendenti. Se queste correnti parziali l'occhio le fissi e le segua, si verrà per un momento a dubitare fosse mai anche questa una corrente ascendente, dubbio che svanisce, tosto che l'onda si ripeta e la si osservi nel suo totale andamento.

III. Se si pensi di far agire lo stimolo S alla metà della porzione piumata dello stelo (v. num. 3), in allora si avrà il caso di due correnti divergenti l'una diretta all'estremo del vessillo, l'altra verso la base, rima-



nendo costante in ciascuna pinna la direzione della propria corrente. Avviene in questo caso che, se lo stimolo si faccia agire per qualche tempo, le stesse onde si ripetano, di modo che, siccome nell'assieme il perimetro del vessillo è elittico, così si abbia l'effetto di ondate luminose elittiche e concentriche. Io credo che il Delle Chiaje alludesse a questo fenomeno allorchè paragonava le ondate luminose delle penne marine a quelle lasciate nell'acqua dalla pietra cadente.

IV. Ho anche altrimenti disposte le cose, e stimolando contemporaneamente il gambo in corrispondenza delle prime e delle ultime pinne, come

in *S S* (v. num. 4), ottenni due correnti convergenti, le quali venendo a dar di fronte l'una all'altra, si spegnevano, dando luogo al momento dell'incontro, a luce più viva.

Nelle pinne la corrente propria è la stessa in questo come negli altri casi, ed il fulgore che io osservai maggiore nel luogo dell'incontro delle due correnti principali, è spiegato da ciò che i polipi che corrispondono a quel luogo, vengono tutti illuminati contemporaneamente in una certa zona.

V. Una sol volta mi è occorso, e fu nel febbraio dello scorso anno, di aver una *P. rubra* di una sensibilità eccezionale. Essa era da poche ore pescata e stava in via di gonfiarsi; ogni volta che la si toccasse, anche lievemente, si avevano sempre correnti, le quali venivano suscitate, non appena la si movesse, soltanto dal tocco delle pareti del bacinetto nel quale si trovava. In questo esemplare mi provai a ripetere anche lo sperimento delle due correnti convergenti dianzi descritto, e qual non fu la mia sorpresa nello scorgere che per quante volte si ripetesse la prova, per altrettante le correnti luminose si sorpassavano scambievolmente. Ciascuna corrente pareva si comportasse come se l'altra non ci fosse, intendo dire che al momento dello scontro, invece di aver luogo la elisione, si vedeva, dopo un momento di maggior splendore, continuare le due correnti ciascuna pel suo verso senza alcuna interruzione. Lo schema num. 5 rappresenta le correnti che dopo lo incontro continuano la loro strada, e tale è in fatti l'aspetto di questo fenomeno, il quale in vero è più facile a vedersi che a spiegarsi, a meno che non si volesse ammettere che le due correnti contrarie percorrano ciascuna un ordine speciale di conduttori, il che a mio parere non è molto probabile; poichè se così fosse, non si dovrebbe mai avere la elisione delle due correnti precedentemente notata.

VI. Quando lo Spallanzani asseriva che *tocchi i lembi della parte piumata scorre tal lume rapidamente dai polipi verso il mezzo di lei*, annunciava un fatto che in pennatule sensibili è facile verificare cioè che, stimolata una pinna al suo apice, si determina in questa pinna una corrente verso il gambo, e quindi diffondendosi lo eccitamento a tutta la colonia, si hanno, per tutte le altre pinne, correnti nella solita direzione, come è indicato nello schema num. 6. S'intende bene che se lo stimolo si faccia agire non su di una sola, ma sopra tre o quattro pinne contigue, l'esperimento sarà di più facile riuscita.

Una sol volta mi è occorso un altro caso ed è il seguente: stimolato l'estremo del gambo nella pennatula fosforea, invece di avere la corrente ascendente semplice, notai per molte volte di seguito, che l'apparire della luce negli zooidi del ventre della rachide, avveniva in corrispondenza della metà circa del vessillo; alla quale apparizione succedevano le due cor-

renti divergenti come nel caso dell'esperimento II°. Esaminai attentamente alla luce del giorno quel punto e vi scorsi una piccola ferita. Si avrebbe detto che gli zooidi della regione ammalata fossero i primi a saturarsi dello eccitamento, e si avesse in conseguenza quella regione come punto di partenza delle due correnti divergenti. Era d'uopo alla prima occasione far altre prove, ed avendo feriti io stesso altri due individui, mi avvenne di aver risultamenti incerti. È perciò che non ho registrato il fatto in ordine coi precedenti.

È pur necessario aggiungere, per uso di chi voglia ripetere questi sperimenti, che mentre in pennatule che siano in istato di opportunità e sensibili, le correnti in ogni direzione si possono promovere colla stessa facilità, in individui stanchi o vicini all'esaurimento si hanno certe correnti meno facili delle altre a provocarsi. Sono queste la corrente discendente del vessillo, e le correnti che dall'apice vanno alla base delle pinne. Tanto dicasi pei polipi; le correnti zooidali non presentano differenza alcuna.

Il taglio circolare dei tessuti del gambo sino a ridosso dell' asse scleroso, preclude ogni via allo eccitamento provocato al di quà della ferita. Non saprei dire però esattamente se tal via sia preclusa pure da tagli più o meno superficiali, essendo che la pennatula così ferita, non la trovai più in condizioni normali, e le correnti che si producevano avrebbero potuto essere cagionate tosto dalla azione della ferita, ovvero più tardi, soltanto dall'azione dello scuotimento in ferita recente.

§ 2. — *Velocità delle correnti luminose.*

A prima giunta, osservando codeste correnti lampeggianti, parrebbe che, attesa la loro fugacità, non potessero essere sottoposte a misura, se non con apparecchi di somma precisione, siccome quelli che furono in questi ultimi tempi impiegati da Helmoltz e da Donders per la misura della velocità degli atti psichici, nonchè della sensazione e del movimento. Allorquando però l' occhio si abitui a seguirle, e piuttosto che lasciarsi fuorviare dalle correnti parziali delle pinne, tenga di mira il generale andamento della luce nel vessillo o negli zooidi, si viene nella persuasione potersi pure, senza l' impiego di straordinarii ordigni, arrivare a conoscerne la velocità. Nè io adoperai altro che un orologio da tasca, tenendo conto dell' intervallo fra l' una e l' altra pulsazione, che per quello da me adoperato era di $^{2}/_{5}$ di secondo. Così fu che contando poi per gruppi le pulsazioni, siccome in certi casi sogliono fare gli astronomi, potei giungere a misure abbastanza esatte.

S'intende che le osservazioni erano fatte col controllo del Prof. Gasco,

e ripetute molte volte per quanto bastasse per entrare nella convinzione aversi raggiunta la maggiore possibile esattezza. La corrente di cui è qui registrata, nelle due specie di pennatule, la velocità, era la corrente ascendente del vessillo, la quale si promoveva sfregando celeremente con un colpo secco menato di traverso, con una punta di scalpello, le prime pinne. Il piccolo lampo che davano i polipi di queste pinne per lo stimolo meccanico diretto che ricevevano, era il segnale del cominciamento dello esperimento.

In una *Pennatula rubra* che stava da due giorni negli aquarii, e che dopo cessato lo stato di idropisia, aveva poco prima subita qualche altra prova, si ebbero per la durata della detta corrente:

in minima 1" $^{1}/_{5}$, in massima 3" $^{1}/_{5}$, in media 2" $^{3}/_{5}$.

Avendo notato un intervallo tra il momento della applicazione dello stimolo ed il cominciamento della corrente, lo misurai e lo trovai di $^{4}/_{5}$ di secondo.

In una *Pennatula phosphorea* di fresco pescata, la quale era rinvenuta da poco dallo stato tetanico, a cui l'avevano condotta altri esperimenti, per la durata della stessa corrente si ebbero:

in minima 1" $^{1}/_{5}$, in massima 2" $^{4}/_{5}$, in media 2".

Anche in questo caso avendo notata una certa tardanza al manifestarsi della corrente dopo l'applicazione dello stimolo, misurai tale ritardo e fu pure di $^{4}/_{5}$ di secondo.

Il minimo di velocità mi fu dato constatarlo una sol volta in una varietà robusta di *P. rubra*, la quale era da poco stata tolta dal mare. In questa, a percorrere il vessillo la corrente impiegò:

3" $^{1}/_{5}$ e poi anche 3" $^{4}/_{5}$ ed anche 4".

La durata della corrente luminosa parziale di ciascuna pinna non ho potuto determinarla, attesa la sua velocità, la quale è certamente assai minore di $^{1}/_{5}$ di secondo.

Le cifre che ho ottenute per le correnti discendenti del vessillo e per quelle degli zooidi, furono poco differenti da quelle già citate.

Argomentando ora alla maniera di Donders, nei $^{4}/_{5}$ di secondo che intercedono tra la applicazione dello stimolo ed il cominciamento della corrente luminosa del vessillo, si contengono evidentemente le seguenti azioni:

1° L'azione sugli elementi impressionabili delle prime coppie di pinne.

2° L'accrescimento di tale azione sino alla scarica luminosa dei polipi delle medesime.

3° La trasmissione dello eccitamento sino alle coppie di pinne successive, dalle quali comincia poi la corrente generale.

Nei 2" in cui la luce percorre tutto il vessillo, è evidente si contengano tante serie di azioni, tante volte ripetute, per quante sono le coppie di pinne, e precisamente in ciascuna coppia di pinne è d'uopo considerare:

1° L'arrivo dello eccitamento e la scarica luminosa dei polipi.

2° La trasmissione dello eccitamento all'altra coppia successiva.

Essendo il vessillo degli esemplari da me impiegati, un poco minore in lunghezza di 0m,1 si può stabilire che la corrente luminosa impiegasse 2" in media a percorrerlo; si direbbe per tanto che la stessa corrente impiegherebbe circa 20" al metro. Si può anche dire che se dovesse percorrere quei 30 metri che secondo Helmoltz sarebbero percorsi in 1" dalla eccitazione motrice nei nervi delle rane, la corrente luminosa delle pennatule impiegherebbe 600", ossia 10 minuti primi. Si tratterebbe poi di 11 minuti primi, ossia 660" se si dovessero percorrere i 33 metri che in un secondo sarebbero percorsi dalla sensazione nei nervi dell'uomo e del sorcio. La velocità di propagazione dello eccitamento nelle pennatule, è 160 volte minore di quella dei nervi dei gatti briachi dello Schiff, in cui la trasmissibilità era depressa fino ad otto metri al secondo.

Nella funiculina per la lunghezza di un metro e più che suole raggiungere, sarebbe più facile la determinazione della velocità delle correnti; queste però in questa specie di polipi, non le ho mai notate.

Lascio ai fisiologi altre considerazioni ed altri confronti, bastando a me l'aver dato notizie, per quanto ho potuto esatte, intorno alla velocità di propagazione dello eccitamento, il quale invece di tradursi in contrazione muscolare ovvero in sensazione, negli organi luminosi di questi zoofiti va a destar la luce.

§ 3. — *Comparazioni relative alle correnti.*

Alla domanda se il fenomeno delle correnti sia esclusivo delle pennatule, risponderei che al pari delle funiculine, i *Veretillum* non ne presentano punto, per prove da me fatte eseguire in Nizza ove codesto polipo abbonda. Correnti luminose rapidissime furono però citate in molti altri animali fosforescenti, ed io stesso le notai nella *Pelagia noctiluca* [1]), nella quale sembra che l'epitelio esterno sia ne' suoi elementi direttamente eccitato col mezzo degli stimoli, il qual fenomeno credo di non dubbia im-

[1]) *Intorno alla sede del movimento luminoso nelle Meduse.* Rendic. agosto 1871.

portanza. Altre correnti molto palesi si veggono lungo le coste bei beroidei, altre fulgidissime lungo il dorso delle polinoe da elitra ad elitra, o dai cirri al dorso e nel dorso delle *Photocharis* [1]) ed altre lampeggianti lungo le braccia di certe ofiure, siccome furono osservate dal Quatrefages [2]). Io pure ho molte volte veduto nella *Ophiolepis Ballii* M. T. questo fenomeno che invano cercai di promovere in molte altre ofiure.

Lo stesso Quatrefages [3]) fece notare come nelle noctiluche la luce si manifesti prima in un punto per estendersi poi a tutta la massa sarcodica del piccolo vivente. In tal caso si avrebbero pure delle piccole correnti di diffusione, come quelle che si scorgono nei segmenti luminosi delle lucciole.

Anche lungo lo stelo della *Sertularia abietina* si sono viste dal Forbes correnti luminose, non so però se i polipetti partecipassero al fenomeno, come partecipano quelli della *Obelia geniculata* osservati da Hassal. Hincks [4]) dice che è sorprendente spettacolo lo illuminarsi di una foresta di *Obelia* sopra una fronda bruna di *Laminaria*. Agitata nella oscurità, una luce bluastra scorre lungo ciascuno stelo, scintillando e vagando da un punto all'altro, come se ciascun polipetto accendesse la sua piccola lanterna.

In tutti i casi le correnti delle penne marine vogliono essere paragonate anche a quelle di altri animali sociali e per tanto nulla meglio potrei citare del *Pyrosoma*. Bennet e poi Huxley [5]) descrissero questo fenomeno, e se avvenga che si possa disporre di un pirosoma non appena raccolto, si potrà colla sola pulsazione del dito fatta agli estremi del cilindro, veder la luce diffondersi successivamente nelle piccole ascidiette o zooidi, secondo il nome che loro ha dato Huxley. Io stesso ho fatto studio di questi animali per riguardo alla fosforescenza; amo meglio però, per deferenza, lasciar la chiusa di questo capitolo all' illustre anatomico inglese.

The phosphorescence was intermittent, periods of darkness alternating with periods of brillancy. The light commenced in one spot, apparently on the body of one of the ZOOIDS *and gradually spread from this as a centre in all directions; then the whole was lighted up; it remained brilliant for a few seconds, and then gradually faded and died away, until the whole mass was dark again. Friction at any point induces the light at that point, and from thence the phosphorescence spreads ower the whole, while the creature is quite freshly taken; afterwards, the illumination arising from friction is only local.*

[1]) Ehrenberg. — *Das Leuchten des meeres* 1835.

[2]) *Note sur un mode nouveau de phosphorescence observé ches quelques Annélides et ophiures.* An. Sc. Nat. Zool. Vol. XIX, 1843.

[3]) *Memoire sur la phosphorescence de quelques invertebrés marins*, An. Sc. Nat. Zool. Vol. XIV, 1850.

[4]) *A history of the british hydroid zoophytes.* 1868.

[5]) *On the anatomy of Salpa and Pyrosoma. Phil. Trans.* 1851.

Capitolo III.

Se le pennatule abbiano nervi.

Per quanto si rileva facilmente dalla descrizione del fenomeno delle correnti, io mi sento autorizzato a dichiarare che le pennatule sono animali dotati della singolare proprietà *di far palese mediante il fulgore dei loro polipi la direzione e la velocità di propagazione dell' eccitamento*. Sembra che in questi esseri il movimento molecolare intimo che si desta in seguito allo stimolo, metta le molecole del contenuto delle cellule dei cordoni luminosi in tale stato, nel quale si combinino all'ossigeno; alla quale azione chimica si accompagna lo sviluppo di luce, piuttosto che quello di calore.

Se questi zoofiti non fossero rari ad aversi, difficili a conservarsi, impossibili ad acclimatarsi anche in aquarii di grandi dimensioni[1]) e sopratutto non fossero, per quanto si è detto, di difficile maneggio, potrebbero servire al fisiologo in luogo di complicati meccanismi, per dimostrare in un modo evidentissimo ed elegante la velocità di propagazione dell'eccitamento in un animale.

Per tanto siamo ora riportati in una questione anatomica. Quali sono le vie, quali i conduttori percorsi dallo eccitamento? Esistono nervi nelle penne marine?

Le osservazioni di nervi e di gangli nella *P. rubra* e nel *Pt. griseum*, riferite da un illustre naturalista napoletano, non trovarono conferma, non diversamente da quelle di Spix sulle attinie. I polipi semplici e sociali vogliono di nuovo essere scrutati diligentemente da chi aspiri a sciogliere il problema dei loro nervi, essendo rimasti silenziosi al proposito anatomici egregi, tra i quali il Lacaze Duthiers allorquando scrisse la pregiata sua opera sul corallo. Nell'importantissimo lavoro di Kölliker sui pennatularii, parlando dell'anatomia degli *Pteroïdes*, esprime il sospetto che certi fascetti di fibre sottili, diritte e mischiate a piccoli corpicciuoli a modo di cellule, che egli ha osservati nei septuli dei polipetti, siano elementi nervosi. Dopo di che lascia aperto il campo alle ricerche, dichiarando che, avendo scrutate finissime lamine muscolari, non gli fu dato di osservare traccia alcuna di fibre nervose, abbenchè egli esprima la persuasione che vi debbano essere. Fibre molto fine rette e trasparenti, io

[1]) Nel grande aquario della Esposizione internazionale marittima tenutasi in Napoli in quest' anno, ad onta delle dimensioni considerevoli di 13^{m} di lunghezza, di 1^{m} di larghezza e di 1^{m} di profondità ed anche più, le pennatule vivevano soltanto dieci o dodici giorni, mentre nello stesso aquario vivevano bene, e vissero per più mesi, grossi pesci tra cui la *Cernua gigas*.

ho vedute correre attraverso le fibre delle lamine muscolari che si attaccano all'asse scleroso nel bulbo, attraverso la rete di quegli elementi nucleati che il Kölliker scoperse negli alcionarii e considerò come vasi nutritizi, o capillari. Senza aver ritentato l'argomento con un'altra serie di prove estese anche ad altri polipi sociali, io non ardisco pronunciare giudizio al proposito e nemmeno dar importanza per ora alle cellule multipolari vedute nei cordoni.

Vi hanno molte serie di animali inferiori in cui le funzioni de'nervi non sono affidate ad elementi istologici speciali e questo è certo come è certa la luce del sole; è però anche sommamente verosimile che se le pennatule hanno nervi, debbano esse possedere un sistema nervoso sociale fatto sullo stampo di quello di alcun briozoarii, del quale ne diedero notizia, oltre Fritz Müller, che lo scopriva nelle Serialarie, anche lo Smith ed il nostro collega Prof. Trinchese. Vorrei dir di più e permettermi di supporre che un tal sistema possa trovarsi un giorno forse anche nelle ascidie composte, appoggiando questa supposizione ai fatti delle correnti luminose dei pirosomi, o dirò meglio ai fatti di trasmissione dello eccitamento fra i diversi individui contigui della colonia, appalesata dalla luce trascorrente.

Capitolo IV.

Azione degli stimoli.

§ 1.—*Stimoli meccanici e chimici.*

Come stimoli meccanici, il tocco, l'urto, lo sfregamento fatto sui polipetti, abbenchè chiusi d'ordinario nel calice, si è visto già come destino la fosforescenza e le correnti, e come giovi del pari lo sfregamento a far luccicare la materia estratta dai *cordoni luminosi* de'polipi vivi. È d'uopo ora tentare sopra le pennatule l'azione di diverse sostanze e primamente l'azione del reattivo più ovvio.

Acqua dolce. Egli è certo che *la corrente elettrica, il riscaldamento e l'acqua dolce* sono gli agenti i quali sogliono far conoscere con certezza se e dove un animale marino possa risplendere. A coloro che fecero qualche prova intorno alla fosforescenza degli animali del mare è ben noto come l'acqua dolce agisca prontamente. Lo Spallanzani in Messina, sperimentando sopra la *Pelagia phosphorea* [1]), riaccendeva nelle meduse morenti la luce mediante questo mezzo, ed allorquando le gocce della piog-

[1]) *Viaggio alle Due Sicilie*, t. IV, cap. XXVII.

gia cadevano sopra individui viventi posti in secco sullo spalto della finestra, si vedevano questi tempestati di luce.

Il **Quatrefages** notò che l'acqua dolce fissa e poi spegne la luce delle noctiluche, e **Forbes** constatò come con questo mezzo si chiamino a risplendere anche le penne marine. Lessi spesse volte nelle relazioni dei viaggiatori e dei naturalisti che ampiamente percorsero i mari, di meduse e di animali diversi risplendenti di luce fissa osservati in prossimità delle foci dei fiumi, ovvero quando erano stati spinti nelle acque dolci e salmastre; così risplendevano di luce fissa anche i rizostomi osservati dal **Giglioli** alla foce del Ti-Liwoen presso Batavia [1]).

L'acqua dolce è uno dei più funesti agenti per gli animali marini e pochissimi di questi possono vivere in entrambi i mezzi, siccome è noto per alcuni pesci. Il convellersi, il contrarsi, lo scindersi in frammenti, lo scoppiare che noi osserviamo negli animali inferiori che si tentino con questo mezzo, io credo sia in ragione di ciò che essendo l'acqua comune meno densa della marina, penetra e si frammischia ai contenuti cellulari degli animali in discorso, li gonfia e ne distrugge l'efficienza. In tal caso la luce fissa che noi vediamo, è la luce estrema, è la luce che accompagna le angosce dell'agonia.

Tutti gli acalefi fosforescenti da me tentati con questo mezzo, le ofiure, gli anellidi, i pirosomi, le foladi, non appena immersi in questo liquido, mostrarono luce fissa la quale andò spegnendosi grado grado colla vita.

Così pure avviene alle pennatule immerse nell'acqua comune, ed è bello vedere contemporaneamente accese tutte le batterie luminose di ciascun polipo e di ciascun zooide. La pennatula si disegna tutta e le pareti del vaso sono illuminate. Al ventre gli zooidi fanno l'effetto di un vetro smerigliato al di là del quale ardesse una lanterna, e le lenti rivelano nei polipi e negli zooidi, manifesta, minutissima scintillazione. Negli *Pteroides* la luce e l'effetto sono ancora maggiori, atteso che in ciascuna pinna sono molti i ranghi dei polipi; le spine delle pinne appajono tutte illuminate e le placche zooidali dall'intervallo oscuro che è fra le pinne, mandano fuori con singolare contrasto, la loro luce verdastra. La mano che sostiene il vaso si illumina, i lineamenti della persona al volto della quale questo si avvicini, si fanno riconoscibili come anche i caratteri di stampa. Che se all'azione dell'acqua si voglia aggiungere anche quella dello sfregamento praticato con un bastoncino, si avrà un nuovo aumento di splendore. La luce così fissata dura da un quarto d'ora ad un'ora circa, secondo lo stato

[1]) *La fosforescenza del mare;* Bullett. della Soc. Geog. Ital. 1870.

di maggiore o minor vigoria in cui si trovava l'animale, solo che in ogni caso, in un'ultima frazione di tempo, è d'uopo il tocco o lo sfregamento per avere dai polipi le ultime scintille.

Non è diversa da quella dell' acqua di fonte, l'azione dell' acqua bollita o dell'acqua distillata, nè la temperatura influisce. In fatti messa una penna nella neve fondente, la luce che in principio sembrava non volersi manifestare, durò in seguito per tre quarti d'ora, come fosse a temperatura ordinaria. Immerso un altro esemplare in acqua comune calda (45°), la luce si animò tosto con molta vivezza e poco dopo si spense.

Ammesso che le pennatule lucano per l' azione dell' acqua comune in quanto le uccide, si potrebbe dire in questo caso che gli organi luminosi sono chiamati in azione da un potere che non ha influenza diretta su di loro, ma che agisce sui polipi e su tutta la colonia in generale. Giova per tanto indagare se l'acqua dolce abbia una vera azione diretta sopra la materia dei cordoni luminosi.

Se si prenda all'uopo una listarella di carta e vi si spappoli materia fosforescente spremuta dai polipi, questa risplenderà prima per l' azione meccanica, ma immersa nell' acqua dolce, la sua luce non solo continuerà ma si accrescerà. Se poi sopra un altro frammento di carta o sul dito, si lasci spegnere la luce della materia spappolata, l'acqua dolce la riaccenderà.

Con questi saggi si dimostra che l'acqua dolce, oltre l' azione generale che ha sul polipajo [1]), quale la posseggono anche altri liquidi, ha anche azione diretta speciale sulla materia fotogenica degli organi luminosi, il che concorda con quanto ho io stesso osservato per la materia degli organi o dei tessuti luminosi di altri animali come sarebbero l'epitelio grasso delle meduse, la materia lucente delle foladi, delle beroe e dei chetotteri, di cui sarà parola in altra memoria.

Per ultimo farò notare come l'acqua dolce, in contrario di quanto io supponeva, invece di aumentare o favorire la fosforescenza del grasso lucente dei pesci morti, la spegne [2]). Entrambi questi fatti meritano speciale studio e chiamo sopra di essi l' attenzione degli sperimentatori.

Latte. — Fra i quattrocentocinquanta autori che studiarono la fosforescenza, i quali sono citati nella celebre memoria di Ehrenberg, sono anche menzionati i primi che, per quanto è noto, facessero prova del latte. Sono Beccari, Monti e Galeati accademici di Bologna, i quali già

[1]) Speriamo veder continuati sopra gli animali inferiori i belli studi del sig. F. Plateau *Recherches physico-chimiques sur les articules aquatiques*. Bruxelles 1870. Mém. couronnés et des savants étrangers, t. XXXVI.

[2]) *Intorno alla luce emanata dal grasso;* Rendic. aprile 1871.

nel 1724 [1]) annunciarono che le foladi messe in questo liquido lucevano al massimo. Spallanzani del pari trovò il latte ancora più valido dell' acqua dolce ad eccitare la luce delle meduse [2]), le quali così trattate gli permettevano di leggere una lettera a tre piedi di distanza, oltrecchè la durata della luce era maggiore che per l'acqua dolce. Quatrefages lo impiegò nelle noctiluche ed io che pure in casi numerosi lo tentai, sono del suo avviso che cioè non tanto aumenti l'intensità della luce, come la faccia parer maggiore pel candore e per la riflessione che vien fatta dai singoli globuli proprii di questo liquido.

La luce che emanano le penne marine messe in questo liquore, non mi parve in fatti maggiore di quella avuta nell' acqua dolce, solo che, come notò lo Spallanzani per le meduse, è più durevole. Una penna marina posta da me nel latte, lucciçò sino ad un'ora e venti minuti, ed in altra occasione pinne staccate, immerse in piccole quantità di latte, lucevano per anco dopo due ore. Parmi che il latte essendo più denso dell' acqua dolce, vada invadendo e penetrando più a rilento i tessuti, onde la morte e quindi la cessazione della luce vengono ritardate.

Alcool. — Se nell'alcool o nell'etere si immerga una penna marina, tutta quanta si illumina di viva luce azzurrina, la quale dura da dieci a sedici minuti, spegnendosi lentamente. Questa luce può anche rendersi più fulgida se si aggiunga lo sfregamento dei polipi, basta però sempre a far leggere facilmente uno stampato; che se una pennatula posta già nell'acqua dolce, allorchè la luce comincia a cessare, si metta poi nell' alcool, la luce si rianima di molto, e poi poco dopo si spegne. Ciò significa che l'azione dell' alcool sul polipajo e sui polipi è ancor più rapida ed energica di quella dell'acqua; che se si metta in questo liquido la listerella su cui la materia fosforescente dei polipi sia spappolata, per contrario, si vedrà tosto spenta.

Per tanto può dirsi che le pennatule nell' acqua dolce e nell' alcool si comportano similmente, in quanto che in entrambi i casi sono stimolate da due liquidi contrarii alla loro vita, però l'acqua dolce mantiene e rianima il potere luminoso della materia fotogenica, l'alcool lo distrugge. Negli altri animali luminosi da me studiati avviene lo stesso, l' alcool eccita la luce estrema, ma se giunge a toccare la sostanza degli organi fosforescenti, ogni luce viene a cessare. Con ciò si spiega come, allorquando la sostanza luminosa trovasi in parti superficiali, come fu dimostrato per l' epitelio delle meduse, in allora l'alcool e l'etere, piuttosto che promovere, spengono tosto ogni fulgore. Prima delle osservazioni anatomiche circa la pre-

[1]) *Comment. bononiens.* Vol. II, p. 232.
[2]) S'intende sempre la *Pelagia phosphorea*.

senza e le sedi diverse della materia luminosa, non è a dirsi come mi avessero imbarazzato codesti fenomeni così differenti.

L'azione dell'acqua dolce essendo tale quale abbiamo detto, fummo dispensati dal tentare soluzioni di differenti sostanze fatte in tale menstruo, poichè in tutti i casi si avrebbe avuto, prima di tutto, l'effetto dell'acqua a tener presente; nè tutte le sostanze che si avrebbero potute impiegare sciogliendole con acqua marina sono esenti dalla necessità di combinarsi con i sali della medesima, per guisa che ci siamo limitati a poche prove.

Il risultato di questi sperimenti è che gli acidi in genere, gli alcali, l'orina, la tintura di jodo, l' infuso di tabacco (fatti con acqua marina) in genere i liquidi non favorevoli alla vita animale, come conducono a morte rapida i polipetti, così rendono fissa in essi la luce la quale va a finire con la vita.

Circa i sali proprii dell' acqua marina solo mi provai ad aumentare il solfato di magnesia, il quale da Hulme e Dessaigne, già fin dal principio di questo secolo, era stato impiegato con successo a favorire la fosforescenza delle arringhe morte, ma le dosi relativamente piccole che per le prime impiegai, tosto fecero morire la luce in alcune pinne isolate.

L'acido solforico e la potassa impiegati come caustici, non producono effetto luminoso alcuno in pennatule contratte, allorchè si applichino al gambo; mi avvenne però in una *P. rubra* ben disposta a luccicare, di aver con profitto esperimentata la potassa. Applicato e lasciato all'estremo inferiore del gambo un cilindretto come fosse in *S* della prima figura schematica, si ebbero ben cinquanta ondate luminose consecutive, rapide nel seguirsi l'un l'altra, e dirette al pari della corrente ascendente.

La materia degli organi fosforescenti di *Pennatula* o di *Pteroides* messa nell'acido carbonico non si spegne più presto che nell'aria, nè meglio che nell'aria si accende nell'ossigeno, anche se questo fosse portato come io feci, alla temperatura di 40°. Nelle prove fatte circa la luce dei pesci, dei cefalopodi e di altri animali morti, mi sono accorto che l'ossigeno e l'acido carbonico agiscono soltanto dopo qualche ora. Numerose esperienze mi fanno credere che la materia fosforescente degli animali marini, luce piuttosto per le reazioni che hanno luogo tra la stessa e l'aria che si contiene nell'acqua che la bagna, di quello che per azione dell'ossigeno puro in cui s'immerga. Così avviene del pari che l'acido carbonico non possa avere una azione immediata. Del resto sono noti tanti casi in cui l'ossigeno puro ha minore azione di quello che trovasi sciolto nell'atmosfera, al pari di ciò che avviene di certi acidi, i quali agiscono assai meglio diluiti che concentrati. Citerò anche il fosforo, il quale nell'ossigeno puro a una

certa pressione non arde punto, se non avvenga che la temperatura si innalzi a 27°, mentre nell'aria atmosferica si combina all'ossigeno all'ordinaria temperatura. Diradandosi l'ossigeno o per diminuita pressione o per miscela con altro gas, la combustione ha luogo anche molto al di sotto dei 27 gradi.

§ 2. — *Azione della Elettricità.*

Numerose prove fatte sopra animali fosforescenti differentissimi, mi hanno persuaso essere le correnti elettriche mezzo non sempre il più sicuro a promovere il fenomeno della luce a paragone dell'acqua dolce e del calore. Vi hanno dei sifonofori come l'*Hippopodius* che sono sempre disposti ad illuminarsi, allorquando siano posti fra gli elettrodi, mentre le *Beroe*, i *Cestum* non sono spinti a luccicare nemmeno da correnti di considerevole forza. Ho veduto una piccola *Thaumantias* resistere all'azione di una corrente di quattro coppie Bunsen, mentre immersa di poi nell'alcool, mostrò morendo la corona de' suoi lumicini [1]). In altri casi le correnti giovano moltissimo ed avvenne a me nella camera nera di scoprire gli organi glandolari fosforescenti del *Chaetopterus variopedatus* colla pila, con maggior celerità e sicurezza di quello che non avrei fatto cogli scalpelli e colle lenti alla luce del sole.

Nelle pennatule l'impiego della elettricità come stimolo è molto difficile, dappoichè le correnti deboli non hanno effetto, e non appena se ne aumenti la forza fanno cadere l'animale in istato tetanico, nel quale siccome nell'idropico, ed anche in quell'altro dell'esaurimento, le correnti che percorrono il polipajo non hanno alcuna azione sopra i polipetti onde costringerli ad illuminarsi. S'intende che meglio delle correnti interrotte, giovano al caso le continue, adoperando elettrodi di platino. Gli elettrodi di rame dovrebbero evitarsi pei sali che si formano al polo positivo, i quali principalmente sono il cloruro ed il solfato di rame che compaiono in seguito alla elettrolisi del cloruro di sodio e del solfato di magnesia dell'acqua marina. Questi sali stimolano i polipetti e li portano a risplendere di luce fissa che va poi a cessar presto in un colla vita. Lo stesso effetto aveva il Quatrefages allorquando con elettrodi di rame sperimentava sulle noctiluche l'azione delle correnti.

Se collocata una pennatula in recipiente di vetro, si faccia attraversare l'acqua in cui trovasi sommersa, da una corrente, non si ha effetto luminoso alcuno. Se la rachide di una pennatula posta in secco sopra lamina di vetro, sia nella parte nuda, sia in quella piumata, si faccia attraversare da

[1]) Forbes, *l. c.*, osservò del pari che le *Thaumantias* da lui sperimentate colla corrente, alcune volte si mostrarono luminose, altre volte resistettero ostinatamente.

una corrente che sia normale al suo asse, nemmeno si ha comparsa di luce. Se però si faccia percorrere la rachide nel senso dell'asse, in allora, sempre che lo stato dell'animale lo consenta, si vedranno le solite correnti luminose, le quali si ripetono nella stessa direzione a brevi intervalli. Sarà necessario di disporre le cose in modo che gli elettrodi non premano, non pungano la pennatula, poichè in allora, agendo come stimoli meccanici potrebbero dar luogo ad effetti e giudizî falsi.

Le dette correnti luminose, abbenchè rare a verificarsi, siano pure anche rappresentate da sprazzi di luce, mostrano sempre che la luce corre nella penna marina nella stessa direzione della corrente elettrica, cioè dall'elettrode negativo al positivo. È perciò che invertendo la posizione della pennatula fra i reofori si veggono le correnti luminose non mutate nella direzione. Questo dirigersi della corrente luminosa a seconda della corrente elettrica, io credo non abbia altra ragione se non in ciò che per quanto velocissima sia questa, i primi polipi che vengono stimolati sono quelli che trovansi più vicini al polo negativo, e quindi da questi cominciar deve la corrente luminosa verso l'altro polo.

Una pinna amputata non mi ha mai mostrata la sua corrente luminosa da polipo a polipo sotto l'influsso della corrente elettrica, però se un polipetto retratto nel suo calice, venga preso in mezzo dagli elettrodi, luccica di luce fissa e poi si spegne e poi riluce ed oscilla come un lumicino che sia prossimo a spegnersi. Se in uno *Pteroides* si faccia percorrere da una corrente la placca zooidale, la luce si rianima e si fissa.

Queste prove, di cui ora annunciamo i risultamenti, dimostrano che la elettricità è stimolo tale da condurre, a circostanze favorevoli, i polipi e gli zooidi a mostrarsi luminosi; è però non meno importante il conoscere quale azione abbia la elettricità sulla materia delle batterie luminose tolta fuori dai polipi.

Se si prema, poi si agiti e si scuota una pennatula viva in un bacinetto, si viene a costringere una parte della materia fotogenica a uscire dai polipi. Facendo in tal caso attraversare l'acqua di quel recipiente dalla corrente, si ha tosto un brulichio manifestissimo di scintille, che cessa o ricomparisce secondo si immergano o no gli elettrodi. Questo stesso brulichio ho notato anche facendo attraversare dalla corrente una certa quantità d'acqua in cui aveva disciolto il liquame del vessillo putrefatto di una penna marina. Ripetendo questa prova in altra occasione, mi occorse anche di eccitare questa luce postuma col mezzo della corrente, in un caso in cui collo scuotimento e collo sfregamento di quella poltiglia, non aveva avuto scintilla alcuna.

Questi fatti dimostrano evidentemente che la materia fosforescente, di

recente tolta dai polipi[1]), per sè stessa obbedisce alla corrente e si illumina, come si illumina del pari il polipetto stimolato direttamente dalla stessa corrente. Mi pare però che dimostrino anche che il polipajo, nei casi di pennatule idropiche o tetaniche, non conduca ai polipi la corrente, dal momento che questi non danno segno alcuno col mezzo della luce, a meno che non si voglia credere che i polipi stimolati per tal guisa, possano o non possano luccicare secondo il loro piacimento.

Le difficoltà incontrate nello impiego della elettricità come stimolo, mi hanno dissuaso dall'intraprendere ricerche galvanometriche, tanto più che nel caso si avesse voluto conoscere per primo, se vi abbiano correnti elettriche nelle pennatule in coincidenza delle correnti luminose, si avrebbe sempre avuto a che fare con le correnti muscolari del polipaio, le quali avrebbero impedito di giungere a risultamenti certi.

§ 3. — *Azione del calore*

Se una pennatula che, non appena stuzzicata, risponde tosto con splendide ondate luminose, da un recipiente di acqua marina a 16° C. si porti in un altro a 4° e poi in un altro a 0°, la luce si fa pochissima e debole allorquando si cerca di ottenerla, come di consueto, col tocco o collo sfregamento; se poi dal vaso a 0° venga riportata nel primo, ritorna tosto vivamente luminosa.

Se in altro esperimento lentamente si riscaldi l'acqua, la luce dopo il 30° comincia a comparire, poi si fissa nei polipi e negli zooidi per cessar verso il 40° in un colla vita.

Le esperienze di Quatrefages mostrarono che la congelazione spegne ogni luce nelle noctiluche, nè si osserva più luce oltre i 40°, e questo fatto volli citare perchè sta a parallelo con quello da me osservato nelle penne marine; io però ho fatto molte prove in animali diversi e mi occorse di vedere la luce continuarsi talvolta a temperatura ben più alta. Mi limito a dire delle foladi, la cui luce si accende allorchè l'acqua raggiunge il 26° e non si spegne che a 73°. Vi hanno per contrario animali il cui poter luminoso non è alterato dall'abbassata temperatura, e la *Pelagia noctiluca* in fatti a 2, 3 e 4° luccica stimolata, del pari che a 11, 14, 16°.

Agendo diversamente nelle pennatule, cioè con un ferro riscaldato, questo fece luminosi della luce estrema i polipetti che andò toccando, ma applicato al gambo nelle pennatule e nei pteroidi, non diede luogo mai a

[1]) Anche la sostanza fotogenica che si trova nel liquame sopra detto, può considerarsi di recente tolta dai polipi vivi, giacchè codesti polipi non appena morti, già sono liquefatti, nè le esperienze si facevano attendere di molto.

comparsa di correnti luminose generali. Sembra che uno stimolo di questa natura tetanizzi i muscoli della rachide nel perimetro di sua azione, ed impedisca così la propagazione dello eccitamento.

§ 4. — *Azione della luce*

Mentre la fisica enumera vasta serie di corpi che si fanno fosforescenti per azione della luce [1]), la fisiologia deve ormai registrare animali nei quali il potere luminoso vien sospeso dalla influenza della luce. Il ch. Giorgio Allman [2]) di Edinburgo fu il primo ad accorgersi che alcuni beroidei, allorquando siano esposti alla luce del giorno, perdono la loro luminosità. Io ho voluto sperimentare in seguito sopra i beroidei più ovvii del nostro mare e precisamente sul *Cestum veneris*, sulle *Beroe ovatus* e *Forskalii*, l'*Escholtia cordata*, l'*Alcynoe papillosa*, la *Cydippe densa* ed anche sulla *Mnemia norvegica* comparsa nel 1870 [3]), ed ho constatato in tutti il fatto.

Dopo la esposizione alla luce diffusa o diretta del sole, od anche alla luce del petrolio, è d'uopo di un quarto d'ora a mezz'ora di oscurità completa perchè le coste stimolate, tornino a poter rifulgere della loro luce azzurrina o smeraldina.

In altro lavoro mi propongo di dare dettagliate notizie intorno a questo fenomeno; ritornando ora all'argomento nostro, dirò che la *Pennatula rubra* e *phosporea* non soffrono alcun nocumento sotto il riguardo della luminosità, dalla luce del giorno e delle lampade ordinarie a petrolio; e che avendo mantenuti individui di entrambe le specie esposti al sole in un aquario per un'ora, non vidi menomamente diminuito il loro poter luminoso e l'attitudine a dar correnti, non appena fossero portati al buio.

Per contrario un *Pteroides griseum*, che alli 10 gennaio di quest'anno feci esporre al sole per più di 20 minuti, pel tempo cioè che a me era necessario di passare nella camera oscura onde disporre il mio occhio alla osservazione, perdè ogni poter luminoso. Gli zooidi in alcuni luoghi lo avevano conservato il che mi sembrò in dipendenza della loro posizione fra le pinne che li mettono al coperto. Fu d'uopo dell'intervallo di mezz'ora per vedere ritornato ai polipi il potere luminoso.

Essendo gli *Pteroides* più rari ad aversi, non potei per mancanza di esemplari ripetere le prove, ond'è che mi propongo di tentarli di bel nuovo.

1) Bequerel E. *La lumière, ses causes et ses effets*. Paris, 1867-68.
2) *Note on the Phosphorescence of Beroe*. Proceed. of the Royal Soc. of Edinburgh 1862, pag. 518.
3) Spagnolini A. *Bullett. dell'Associazione dei Naturalisti e Medici*. Napoli, 1870, n.° 4.

CAPITOLO V.

Analisi spettrale delle luce

In questo capitolo non sarà parola delle pennatule che per incidenza; parmi non ostante opportuno riferire intorno a prove stabilite sopra altri animali luminosi.

La luce fosforescente degli animali marini in istato di vita, o quella delle loro carni morte è per consueto debole e tale che non attraversa che in certi casi le lenti dei microscopî composti, e difficilmente i prismi degli spettroscopî. Era necessario per tanto far delle prove in genere, intorno alle luci emanate da diversi animali o materie animali, onde trovare quelli o quelle che, in particolari circostanze ad arte stabilite, si potessero chiamare a splendere maggiormente.

Dopo non pochi tentativi mi avvidi che luce di notevole intensità si può ottenere nei casi seguenti:

I. Dalle carni della *Eledone moschata*, le quali all'aria danno già luce considerevole, ma che lasciate per qualche ora nell'ossigeno, diventano assai splendenti.

II. Dalla *Pelagia noctiluca*, la quale fra le comuni meduse è la più adatta all'uopo per ciò che la sua superficie si illumina tutta quanta. Se la si immerga nell'acqua dolce, e nello stesso tempo la si faccia rotare con un bastoncino sul proprio asse, darà e per l'azione dell'acqua, e per quella della agitazione, il massimo di luce che per lei si possa.

III. Dall'*Alcynoe papillosa*, allorquando si abbia cura di spapollarne il corpo gelatinoso, agitando con celerità un bastoncino di vetro nel vaso ove si trovi. Il massimo di luce si avrà però nel caso che contemporaneamente, l'acqua del vaso sia percorsa da una corrente elettrica, adoperando elettrodi di rame. I sali che si formano sul reoforo positivo e che si sciolgono tosto, hanno pure la loro influenza. Facendo così concorrere allo stesso scopo, l'azione meccanica, la influenza della corrente e l'azione dei sali, si ottiene per alcuni minuti luce viva e bianca, ancora più viva delle precedenti.

Trovati così alcuni modi coi quali avere luce fosforescente di una certa intensità, il nostro collega corrispondente di questa Accademia, D.r Paride Palmeri si compiacque di tentare l'analisi spettrale con lo spettroscopio orizzontale ad un prisma di Duboscq. In tutti i casi si ebbe uno spettro a fascia come nelle luci monocromatiche, senza linee brillanti, la quale fascia era pallida e verdastra.

Non differenti furono i risultamenti ottenuti dal ch. Padre Secchi. Ritornando nel gennaio di quest'anno, l'illustre astronomo, dalla Sicilia, mostrò desiderio di vedere alcuni sperimenti intorno agli animali luminosi del mare, ed anzi volle egli stesso sottoporne alcuno alla ricerca, impiegando lo spettroscopio a visione diretta di Hoffmann.

In quel giorno, a cagione del mare rotto, non potei avere a mia disposizione che alcuni ippopodi ed una beroe. Questa fu spappolata nel modo e nelle condizioni indicate per l'alcinoe, se non che volli per di più aggiungere l'azione dell'acqua dolce, che per un terzo mescolai all'acqua marina del vaso. Così fu che si ebbe luce più che sufficiente alla osservazione.

L'ippopodio fu trattato in due modi diversi: 1° Nell'acqua, premendolo contro la parete di un vaso di vetro col piatto di una lama di coltello. In tal caso le campanelle della colonna natante non si scindono purchè si agisca a dovere, e la pressione stimolando l'animale, lo costringe a farsi luminoso. 2° In secco, isolato sopra lamina di vetro e percorso dalla corrente (4 coppie Bunsen). In questa occasione, come già tante volte aveva notato, l'assieme delle campanelle apparve come globo splendente di luce azzurrina.

Le osservazioni fatte dal Padre Secchi, ad onta del potere dispersivo considerevole dello strumento non gli rivelarono che la fascia semplice, senza alcuno indizio di colori molteplici nè di righe, onde concluse col paragonare queste luci a quelle di alcune nebulose che egli constatò in possesso di luci monocromatiche azzurrine o verdastre nello spettroscopio, abbenchè con gli altri mezzi di osservazione sembrino bianche.

Avendo amputati in altra occasione i bordi polipiferi di alcune pinne di una pennatula, ed avendoli spappolati in acqua dolce, mi accorsi che la luce così ottenuta, ad onta dello impiego della corrente elettrica, non era maggiore di quelle che si sono precedentemente citate, onde non ebbi cura di tentare anche in questo caso lo impiego dello spettroscopio, tanto più che la sostanza fotogenica delle pennatule è indubbiamente una materia grassa al pari di quella dei pesci, dei cefalopodi, delle meduse e pur anco delle beroe e dei beroidei, siccome per questi ultimi dimostrerò in altra occasione.

Le lucciole sono i soli animali che sino al presente abbiano mostrato di esser dotate di luce a raggi di diversa rifrangibilità, intendendo io di alludere alle osservazioni di Owziannikow sulla *Lampyris splendidula* [1], ed a quelle dell'egregio A. Targioni Tozzetti sulla *Luciola italica* [2]. Dalle loro scritture si rileva come lo spettro sia colorato e completo, epperò sprovvisto di linee brillanti speciali.

[1] *Mém. de l'Ac. Imp. de Saint Petersbourg*, 1868.
[2] *Bull. della Soc. Entomol. italiana*. Vol. II, 1870.

CONCLUSIONI

I. Nelle Pennatule e generi affini *(Pteroides, Funiculina, Veretillum)* e verosimilmente in tutti i pennatulari fosforescenti, la luce emana esclusivamente dai polipi e dagli zooidi (polipi rudimentari).

II. Gli organi fosforescenti delle Pennatule sono costituiti da otto cordoni *(cordoni luminosi)*, i quali sono aderenti alla superficie esterna dello stomaco dei polipi e degli zooidi, e si continuano in ciascuna delle papille boccali degli uni e degli altri.

III. Questi cordoni sono costituiti principalmente da una sostanza contenuta in vescicole od in cellule, la quale ha tutti i caratteri delle materie grasse, compreso quello di non decomporsi tosto, dopo la putrefazione dei polipi. Si aggiungono cellule multipolari e granulazioni albuminoidi. — Nella *P. phosphorea* si trova in più una sostanza minerale, bianca, granulosa, indeterminata.

IV. Questa materia grassa viene chiamata ad illuminarsi, *nel polipo e nel zooide*, non solo da stimoli che agiscono sul polipo o sullo zooide direttamente [1]), ma pure da stimoli che agiscono anche in un punto remoto del polipaio. In tal caso le correnti luminose che in ogni senso possono percorrere le falangi dei polipi e degli zooidi, rappresentano evidentemente la direzione e la velocità di propagazione dello eccitamento.

La velocità di trasmissione nei nervi si paragonò un tempo a quella del fulmine; nelle pennatule il correre dello eccitamento è svelato dal lampeggiare dei polipi: quella velocità e questa sono entrambe mensurabili.

V. La materia luminosa può essere eccitata direttamente e chiamata a luccicare, *fuori del polipo e del zooide* [2]), dall'urto, dallo sfregamento, dall'acqua dolce, dalla corrente elettrica, dal riscaldamento, non solo non appena estratta dai polipi vivi, ma anche subito dopo lo sfacelo di questi.

VI. Ammesso quanto si è dimostrato altra volta, cioè che la fosforescenza delle sostanze grasse sia fenomeno che accompagni la loro lenta ossidazione, è molto verosimile che il fenomeno luminoso delle pennatule, accompagni del pari la ossidazione della materia dei *cordoni luminosi*.

Come nella torpedine il potere elettromotore degli organi elettrici viene dall'azione della volontà, ovvero dallo eccitamento artificiale dei nervi

[1]) Sarebbe questa quella che Ehrenberg chiamava LUCE ORGANICA ATTIVA.

[2]) Sarebbe quest'altra la luce che Ehrenberg chiamava PASSIVA O SECONDARIA.

chiamato a manifestarsi: come i nervi possono agire aumentando o diminuendo la intensità della ossidazione e lo sviluppo di calore in un organo di un vertebrato a sangue caldo [1]), così i nervi delle pennatule, o quegli elementi che ne facciano le veci, possono credersi, a circostanze opportune, atti a chiamare le batterie luminose dei polipi e degli zooidi a più rapida, momentanea, più intensa ossidazione, a cui si accompagni la manifestazione di luce.

Parmi che nelle ossidazioni che determinano la fosforescenza, nei casi da noi contemplati, la luce venga in certo modo a sostituire il calorico che i termometri non trovarono mai aumentato.

VII. La sostanza fotogenica delle pennatule presenta per lo assieme dei suoi caratteri la massima somiglianza con la materia grassa luminosa contenuta nelle cellule dell'epitelio delle meduse fosforescenti *(Pelagia noctiluca, Cunina moneta)*, con quella da me trovata nei beroidei, nelle foladi e nei chetotteri; e le noctiluche studiate da Quatrefages, reagiscono ai diversi stimoli, e si comportano per modo, come se vi avesse una sostanza che le rende fosforescenti, la quale fosse la stessa che rende luminose le pennatule.

VIII. Senza negare punto la possibilità che possano verificarsi casi di animali marini i quali, al pari delle lucciole terrestri, lucano per la combustione lenta di una sostanza albuminoide, od anche per altra cagione, egli è pur certo che una parte degli animali fosforescenti del mare debbano il loro potere luminoso ad una materia speciale, la quale presenta tutti i caratteri di un grasso fosforescente, e per di più quello di accendersi nell'acqua dolce, come anche negli altri casi e modi indicati in questa memoria.

---

[1]) Si allude principalmente agli sperimenti di Ludwig pei quali venne a dimostrarsi, senza dir altro, che sotto l'influenza dell'irritazione nervosa artificiale, la saliva segregata dalla glandola sottomascellare del cane, presenta una tensione maggiore ed un calore superiore di 1°, 5 C. a quello che presenta il sangue arterioso che va alla glandola.

SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA

Fig. 1. — *Pennatula phosphorea.* Tre polipi rappresentati 20 volte circa più grandi del vero.

Il polipo — *a* ed il polipo — *b* sono privati del calice. — Nel polipo — *a* veggonsi trasparire dal tegumento gli organi luminosi, i quali in forma di cordoni bianchi, circondano lo stomaco che in questo individuo è accorciato per la contrazione. — Nel polipo — *b* si notano intorno alla bocca le otto papille, le quali nel loro interno presentano prolungati i cordoni luminosi. — Il polipo — *c* è semiretratto nel calice, però tutto il calice, a preferenza nella sua parte rigonfia, lascia passare la luce.

Fig. 2. — *Pennatula phosphorea.* Stomaco isolato, ingrandito di circa 30 volte, nel quale si distinguono in alto le papille boccali che si continuano nei *cordoni luminosi*, i quali aderiscono alla parete esterna convessa dell'organo, per terminare intorno all'orificio gastrico inferiore.

Fig. 3. — Sezione trasversa di un polipo di pennatula per dimostrare il rapporto degli organi luminosi — *a* collo stomaco e con le camere limitate dalle pieghe mesenteriche — *b*. La cute è indicata con — *c* e la parete dello stomaco con — *d*. Figura semischematica.

Fig. 4. — *Pennatula rubra.* Tentone di un polipo ripieno di materia fosforescente arrivata nelle sue interne cavità per pressione esercitata sul polipetto. (Nei tentoni di questa specie mancano gli spiculi che costituiscono lo scheletro di quelli della *P. phosphorea*).

Fig. 5. — *Pennatula phosphorea.* Zooidi del ventre della rachide ingranditi quanto i polipi e figurati dal vivo. Il polipajo era rigonfio di acqua per modo che venivano a trovarsi l'un dall'altro lontani. Notansi le otto papille boccali candidissime, simili a quelle dei polipi ordinarî, ed anche i cordoni, i quali traspajono in —*a* attraverso il tegumento.

Fig. 6.—*Pennatula phosphorea.* Elementi che compongono i cordoni luminosi veduti a $\times$ 700.

Oltre la materia grassa —*a*, notansi anche cellule unipolari, bipolari, multipolari —*b*, *c*, *d*. Si aggiungono granulazioni albuminoidi —*e*, ed una materia granellosa minerale —*x* chiusa in vescichette, alla quale è dovuto in questa specie il colorito bianco dei *cordoni luminosi* dei polipi e degli zooidi. Questa figura può del pari servire a dare idea delle forme della materia dei *cordoni luminosi* della *P. rubra* e della *Funiculina quadrangularis*, essendo simili anche le dimensioni.




BIBLIOTECA NAZIONALE "VITTORIO EMANUELE III" NAPOLI